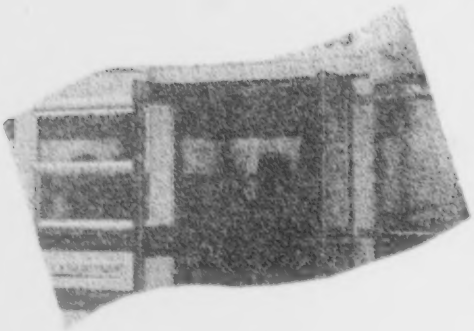
Étude de l'exposition professionnelle au bruit des conducteurs d'autobus scolaires



ÉTUDES ET RECHERCHES

Pierre Marcotte
Paul-Émile Boileau
Jérôme Boutin

R-364

RAPPORT

irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004
ISBN : 2-551-22457-8
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, mars 2004

105-00108/

ÉTUDES ET RECHERCHES

Étude de l'exposition professionnelle au bruit des conducteurs d'autobus scolaires

Pierre Marcotte, Paul-Émile Boileau et Jérôme Boutin
Sécurité-ingénierie, IRSST

RAPPORT

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

SOMMAIRE

Les différentes sources de bruit contribuant à l'environnement sonore à l'intérieur d'autobus scolaires de 72 passagers ont été caractérisées en utilisant un échantillon de 10 véhicules provenant de deux entreprises différentes. En comparant les différents véhicules, il apparaît que le moteur Mercedes-Benz du Freightliner FS64 2004 est le plus silencieux des véhicules évalués, avec un niveau de 61,0 dB(A) lorsque le véhicule est au repos et de 68,1 dB(A) lorsque le véhicule est en mouvement. De façon générale, les véhicules de type conventionnel sont moins bruyants que les véhicules à front plat. Par ailleurs, sur l'ensemble des véhicules, le bruit du moteur est en moyenne de 66,3 dB(A) lorsque le véhicule est au repos, de 73,4 dB(A) pour les trajets en milieu urbain, de 74,2 dB(A) pour les trajets en milieu rural, de 75,7 dB(A) pour les trajets effectués sur des routes secondaires et de 78,5 pour les trajets effectués sur autoroute. Mise à part la contribution du moteur, la contribution des différentes sources de bruit a été évaluée, en moyenne, à 78,1 dB(A) pour les élèves du niveau primaire, à 74,3 dB(A) pour les élèves du niveau secondaire, à 83,4 dB(A) pour le service de radio général (SRG) qui fonctionne de façon intermittente et à 77,4 dB(A) pour l'équipement d'hiver (chauffage, dégivreur, etc.).

Dans un deuxième temps, une étude dosimétrique effectuée sur les conducteurs a révélé que ceux-ci sont exposés à des niveaux équivalents quotidiens ($L_{EX, 8h}$, ISO 1999) variant de 74,6 à 85,2 dB(A), et à des doses de bruit variant de 1,0 % à 17,2 % selon le *Règlement sur la santé et la sécurité du travail* (RSST), correspondant à des niveaux équivalents quotidiens ($L_{EX, 8h}$, RSST) allant de 57,3 à 77,3 dB(A). Par la suite, en utilisant la norme ISO 1999, il a été estimé que, pour une exposition quotidienne de 85,2 dB(A), un individu se situant au 95^{ième} percentile sur une distribution normale de susceptibilité aux effets nocifs du bruit aurait un déficit auditif calculé, selon le *Règlement annoté sur le barème des dommages corporels* de la CSST, de 1,0 dB après une exposition de 1 an, et de 3,3 dB après une exposition de 40 ans. Ce calcul n'a pas pris en compte le bruit de nature impulsionnelle, qui peut se manifester dans certaines conditions spécifiques, par exemple lors du transport d'élèves du niveau primaire ou encore lors de l'utilisation du SRG.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les deux entreprises participantes ainsi que les conducteurs d'autobus scolaires d'avoir accepté de collaborer à cette étude. Des remerciements vont également à Henry Scory, physicien au sein de l'équipe *Services et expertises de laboratoire* de l'IRSST, pour les nombreux conseils qu'il a donnés tout au long de cette activité, ainsi qu'à Clémence Duchesne, technicienne en physique au sein de la même équipe.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE I

REMERCIEMENTS III

TABLE DES MATIÈRES V

1. INTRODUCTION 1

2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE 3

3. MÉTHODE DE TRAVAIL 5

4. CARACTÉRISATION DES DIFFÉRENTES SOURCES DE BRUIT 7
   - 4.1 Bruit provenant du moteur 9
     - 4.1.1 Comparaison du niveau de bruit entre les différents véhicules 9
     - 4.1.2 Effet du type de parcours sur le niveau de bruit 10
   - 4.2 Bruit provenant des passagers et autres sources de bruit 11

5. DOSIMÉTRIE 13

6. ESTIMATION DE LA PERTE AUDITIVE CAUSÉE PAR LA CONDUITE D'AUTOBUS SCOLAIRES 15

7. DISCUSSION ET CONCLUSION 17

BIBLIOGRAPHIE 19

ANNEXE 1. EXEMPLES DE SPECTRES DE DIFFÉRENTES SOURCES DE BRUIT 21

ANNEXE 2. ÉVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX DE BRUIT TELS QUE MESURÉ PAR LE DOSIMÈTRE DE BRUIT 25

ANNEXE 3. PERTES AUDITIVES ESTIMÉES SELON LA NORME ISO1999 : 1999 31

1. INTRODUCTION

L'exposition professionnelle au bruit des conducteurs d'autobus scolaires constitue une problématique mise en lumière au cours des dernières années. En effet, il semble que plusieurs conducteurs se soient plaints du niveau élevé de bruit relié à leur travail. Par ailleurs, les statistiques d'indemnisation de la CSST indiquent que quelques réclamations ont été acceptées au cours des dernières années pour surdité professionnelle causée par la conduite d'autobus scolaires. On rapporte que la principale source de bruit proviendrait du moteur du véhicule, souvent de type diesel et localisé près du conducteur. De plus, les conditions de roulement (type de route) ainsi que la présence de passagers à bord pourraient contribuer de façon significative à l'environnement sonore à l'intérieur du véhicule. Une étude effectuée en 1993 par le service de santé au travail du CLSC de l'Estuaire (Rimouski) [1] a mesuré l'exposition professionnelle au bruit des conducteurs d'autobus scolaires. Les mesures d'exposition (L_{eq}, facteur de bissection de 3 dB) variaient de 69,8 à 84,8 dB(A) avec un niveau sonore moyen de 82 dB(A) pour les grands véhicules de 72 passagers et de 78 dB(A) pour les petits véhicules de 48 passagers et moins. Par ailleurs, cette étude a démontré que, de façon générale, les enfants sont plus bruyants en après-midi. Cependant, cette étude n'a pas évalué les contributions respectives des différentes sources de bruit que l'on retrouve à l'intérieur d'un autobus scolaire. Mise à part cette étude, il n'existe pas, à notre connaissance, de données concernant l'exposition professionnelle au bruit des conducteurs d'autobus scolaires, ce qui rend très difficile l'évaluation des risques de surdité professionnelle associés à ce type d'emploi.

Cette étude a été réalisée à la demande de l'Association du Transport Écolier du Québec (ATEQ) par l'entremise de l'Association Sectorielle Transport-Entreposage (ASTE).

2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Les objectifs visés par cette étude sont :

1) De mesurer l'exposition au bruit des conducteurs dans un sous-ensemble de véhicules représentatifs de la flotte d'autobus scolaires au Québec et d'estimer la dose quotidienne d'exposition au bruit;
2) D'évaluer l'importance de l'exposition par rapport à des valeurs de référence;
3) D'identifier les facteurs (type de moteur, qualité de la surface de roulement, conversations) pouvant contribuer le plus aux niveaux de bruit auxquels les conducteurs sont soumis dans l'exercice de leur travail;
4) De déterminer si des différences importantes existent entre certaines marques et modèles de véhicules;
5) Au besoin, de suggérer des correctifs à apporter aux véhicules présentant les niveaux de bruit les plus élevés et de cibler les efforts de recherche additionnels requis pour réduire le bruit des autobus scolaires.

3. MÉTHODE DE TRAVAIL

Des mesures de l'exposition au bruit ont été réalisées dans des autobus scolaires appartenant à deux entreprises possédant des marques et modèles d'autobus scolaires offrant une bonne représentation de ceux utilisés au Québec. Ces entreprises avaient été préalablement sélectionnées par l'entremise de l'ATEQ. L'une d'elle (entreprise A) assure le tiers de ses déplacements en milieu urbain et le reste en milieu rural sur terrain plat, tandis que l'autre entreprise (entreprise B) assure le service en milieu rural seulement sur des parcours jugés accidentés (région des Basses Laurentides). L'inventaire de la flotte de véhicules appartenant à chacune des deux entreprises a permis de relever les marques et modèles d'autobus scolaires les plus représentatifs, en retenant seulement les véhicules de 72 places, lesquels sont les plus nombreux et aussi les plus bruyants [1]. Un échantillon de 10 véhicules a été sélectionné pour réaliser les mesures. Le tableau 1 identifie l'ensemble des 10 véhicules ainsi que le type de parcours retenu pour chacune des entreprises participantes. Tous les autobus sélectionnés ont le moteur diesel positionné à l'avant du véhicule et ont un nez plat, excepté pour les modèles Blue Bird GMC, Freightliner FS65 et International 30S qui sont de type conventionnel. On note que présentement au Québec, l'âge moyen de la flotte d'autobus scolaires est de 7 ans, tandis que l'âge maximal est de 12 ans.

Tableau 1 : Véhicules sélectionnés pour les mesures de bruit.

MARQUE	MODÈLE	ANNÉE	MOTEUR	PARCOURS	ENTREPRISE
Blue Bird	TC-2000	1999	Cummins	Urbain	A
Bue Bird	TC-2000	1999	Cummins	Rural plat	A
Blue Bird	TC-2000	2003	Cummins	Urbain	A
Blue Bird	TC-2000	2002	Cummins	Rural plat	A
Blue Bird	TC-2000	1998	Cummins	Rural accidenté	B
Blue Bird	TC-2000	2003	Cummins	Rural accidenté	B
Thomas		2001	Cummins	Rural accidenté	B
Blue Bird	GMC	2001	Caterpilar	Urbain	A
Freightliner	FS65	2004	Mercedes	Urbain	A
International	30S	2003	DT466	Rural plat	A

Pour chacun des autobus retenus, les mesures de l'exposition au bruit ont été effectuées sur des parcours réels avec transport d'étudiants. Afin de simplifier le processus de collecte de données, l'exposition a été évaluée sur une demi-journée de travail (pendant l'après-midi), puisque c'est l'après-midi que les passagers ont tendance à être le plus bruyant [1]. Un dosimètre de bruit portatif (Larson-Davis Spark™ 706) a été positionné près de l'oreille droite des conducteurs pour mesurer les doses de bruit auxquelles ils sont exposés. Les niveaux de bruit équivalent (L_{eq}) ont été mesurés par le dosimètre selon la norme internationale ISO 1999:1990 [2] (pas de seuil et facteur de bissection de 3 dB) ainsi que selon le *Règlement sur la santé et la sécurité du travail* [3] (seuil de 85 dB(A) et facteur de bissection de 5 dB), ce qui permet de calculer les doses de bruit auxquelles sont exposés les conducteurs, et ce en tenant compte de la durée réelle de l'exposition quotidienne.

En parallèle aux mesures de dosimétrie, des spectres en fréquence de bruit ont été enregistrés à l'aide d'un microphone (BK 4165 avec préamplificateur BK 2669) relié à un analyseur de signal portatif (BK *Pulse*). Le microphone est positionné à environ 50 cm derrière la tête du conducteur, en prenant soin de le placer toujours au même endroit d'un véhicule à l'autre. Ces spectres de bruit ont été mesurés dans plusieurs conditions (avec ou sans passagers, véhicule en mouvement ou immobilisé, type de route, élève du niveau primaire ou secondaire) afin de caractériser les différentes sources de bruit ainsi que leurs contributions respectives à l'environnement sonore du véhicule. Afin d'assurer la validité des mesures, le microphone ainsi que le dosimètre ont été calibrés avant et après chaque mesure à l'aide du calibreur acoustique BK 4231. Une photographie illustrant le montage expérimental se trouve à la figure 1.

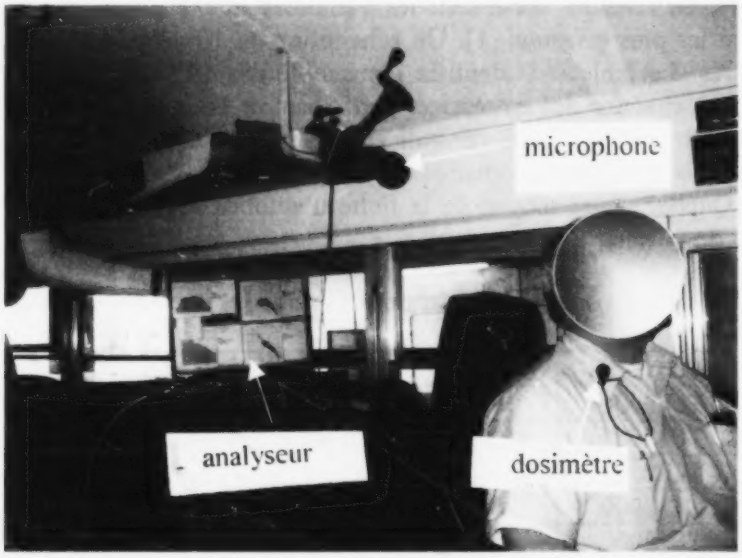


Figure 1 : Montage expérimental

4. CARACTÉRISATION DES DIFFÉRENTES SOURCES DE BRUIT

Des niveaux de bruit équivalent (L_{eq}, facteur de bissection de 3 dB) ont été mesurés à l'aide du microphone relié à l'analyseur de spectre dans chacun des 10 autobus, afin de caractériser les différentes sources de bruit contribuant à l'environnement sonore des différents véhicules. Le niveau de bruit équivalent a été mesuré sur des périodes de temps variant de quelques secondes à plusieurs minutes, en utilisant une analyse FFT (auto spectre) du signal temporel pondéré A, avec une fréquence d'échantillonnage de 65,5 kHz et une résolution en fréquence de 4 Hz. Le niveau de bruit était ensuite calculé en sommant les composantes spectrales du bruit se situant entre 20 Hz et 20 kHz (domaine de l'audition). Par ailleurs, une correction du niveau de bruit était appliquée lorsque nécessaire pour tenir compte des bandes de fréquence prédominante, tel que défini par le *Règlement sur la santé et la sécurité du travail* [3]. Par la suite, les moyennes des niveaux de bruit se rapportant à chacune des différentes conditions expérimentales (véhicule, type de route, type de passager) ont été calculées. Une synthèse de ces résultats est présentée dans les tableaux 2 et 3. Veuillez noter qu'au niveau des types de parcours, la distinction entre rural plat et rural accidenté a été abolie puisque aucune différence significative n'a été observée entre ces deux types de parcours. Par ailleurs, les types de parcours « route » (limite de vitesse de 80 ou 90 km/h) et « autoroute » ont été ajoutés étant donné que, lors de la prise des mesures, il a été constaté que ces types de parcours ont un effet important sur l'environnement sonore des véhicules.

Tableau 2 : Niveaux de bruit (en dB(A)) mesurés dans chaque véhicule, selon le type de parcours et le type de passagers

Entreprise	Autobus	Parcours	À vide (sans élèves)		Avec élèves			
			Véhicule au repos	Véhicule en déplacement	Véhicule au repos		Véhicule en déplacement	
					Primaire	Secondaire	Primaire	Secondaire
A	TC-2000 1999 (1)	Urbain	66,7	75,9			80,3	75,5
	TC-2000 1999 (2)	Rural		74,1	79,4	78,4	76,1	
	GMC 2001	Urbain	64,9	72,2			80,0	73,1
	TC-2000 2003 (1)	Urbain	66,6	75,4			74,7	71,5
	TC-2000 2002	Rural		74,0			74,5	74,2
	Freightliner 2004	Urbain	61,0	68,1	76,7		80,7	75,0
	International 2003	Urbain	65,6	71,1	76,7		78,5	75,3
		Rural		72,8			78,7	74,8
B	TC-2000 1998	Urbain	69,6	72,3	76,7			75,5
		Rural		75,6			77,1	76,6
	TC-2000 2003 (2)	Urbain	66,3	74,0			82,4	75,4
		Rural					83,7	
	Thomas 2001	Urbain	65,7	73,7			77,3	77,9
		Rural						77,7

Tableau 3 : Niveaux de bruit (en dB(A)) mesurés dans chaque véhicule pour les parcours route et autoroute

Entreprise	Autobus	À vide (sans élèves)		Avec élèves (secondaire)	
		Route	Autoroute	Route	Autoroute
A	TC-2000 1999 (1)				
	TC-2000 1999 (2)		78,7		79,2
	GMC 2001	75,8	77,6	79,1	79,7
	TC-2000 2003 (1)	77,0			
	TC-2000 2002		76,4	75,9	79,1
	Freightliner 2004	75,5	79,0	76,4	80,7
	International 2003	73,9	77,7	77,9	80,1
B	TC-2000 1998			80,0	
	TC-2000 2003 (2)				
	Thomas 2001		80,6	81,3	

4.1 Bruit provenant du moteur

Les données servant à évaluer le bruit du moteur proviennent des tableaux 2 et 3, en utilisant les données de la colonne « à vide (sans élèves) » afin d'isoler la composante du bruit provenant du moteur seul.

4.1.1 Comparaison du niveau de bruit entre les différents véhicules

En consultant la colonne « à vide (sans élèves) » du tableau 2, il apparaît qu'au repos (le moteur tourne mais le véhicule est immobile), le moteur Mercedes-Benz du Freightliner FS65 2004 est le plus silencieux, avec un niveau de 61,0 dB(A), tandis que le moteur Cummins du TC-2000 1998 est le plus bruyant avec un niveau équivalent de 69,6 dB(A). Par ailleurs, lorsque le véhicule est en déplacement en milieu rural ou en milieu urbain, le moteur Mercedes-Benz du Freightliner FS65 2004 remporte encore une fois la palme avec un niveau de 68,1 dB(A), tandis que le TC-2000 1999 (1) est le plus bruyant avec un niveau de 75,9 dB(A). Veuillez noter que les écarts entre le véhicule le plus silencieux et le véhicule le plus bruyant sont de 8,6 dB(A) et 7,8 dB(A) pour les conditions de véhicule au repos et véhicule en déplacement respectivement, ce qui est non négligeable.

D'autre part, les données du tableau 3 montrent que, sur un parcours de type route (limite de vitesse de 80 km/h ou 90 km/h) et à vide (sans élèves), c'est le moteur DT466 de l'International 30S 2003 qui est le plus silencieux, avec un niveau sonore de 73,9 dB(A), tandis que le moteur le plus bruyant est le Cummins du TC-2000 2003 (1) avec un niveau de 77,0 dB(A). Finalement, pour ce qui est des parcours effectués sur autoroute, le moteur Cummins du TC-2000 2002 s'est révélé être le plus silencieux avec un niveau de 76,4 dB(A) tandis que le moteur Cummins du Thomas 2001 est le plus bruyant avec un niveau de 80,6 dB(A). On note, en regardant les données des parcours « route » et « autoroute » que dans ces cas, le bruit de roulement (contact pneu-chaussée) devient important par rapport au bruit du moteur. Donc, pour ces types de parcours, l'utilisation du terme « bruit provenant du véhicule », englobant le bruit du moteur et le bruit de roulement, est plus approprié que l'utilisation du terme « bruit du moteur ».

Considérant que les parcours de type « route » et « autoroute » ne constituent qu'un faible pourcentage des déplacements sur une journée typique de travail, les contributions de ces deux types de parcours à la dose de bruit reçue quotidiennement par les conducteurs d'autobus scolaires sont plutôt faibles. On peut donc affirmer, en se basant sur la colonne « à vide » du tableau 2, que le moteur Mercedes-Benz de l'autobus Freightliner FS65 2004 est le plus silencieux. De plus, les autobus de type conventionnel (GMC 2001, Freightliner 2004 et International 2003) sont en général plus silencieux que leurs congénères à nez plat, étant donné que dans les autobus à nez plat, le moteur est situé plus près du conducteur, avec souvent un accès au moteur à partir de l'intérieur du véhicule.

4.1.2 *Effet du type de parcours sur le niveau de bruit*

En utilisant les données « à vide (sans élèves) » des tableaux 2 et 3, il est possible d'estimer le niveau de bruit moyen produit par le moteur des différents véhicules en fonction du type de parcours. Les résultats ainsi obtenus sont présentés au tableau 4. Il apparaît que le bruit produit par le moteur est légèrement plus élevé pour le parcours rural par rapport au parcours urbain avec un écart de 0,8 dB(A). Ceci est dû au fait qu'en milieu rural, les autobus circulent majoritairement sur des rangs, où la vitesse permise est plus élevée qu'en milieu urbain. De plus, le parcours en milieu urbain est caractérisé par des arrêts plus fréquents (feux de circulation, etc.) qui se traduisent par des niveaux de bruit moins élevés (le moteur est « au repos » lorsque le véhicule est immobilisé à une intersection).

Tableau 4 : Niveaux de bruit moyen provenant du moteur selon le type de parcours

Type de parcours	Niveau de bruit moyen
Au repos	66,3 dB(A)
Urbain	73,4 dB(A)
Rural	74,2 dB(A)
Route	75,7 dB(A)
Autoroute	78,5 dB(A)

Par ailleurs, le niveau de bruit est en moyenne de 1,5 dB(A) plus élevé pour le parcours de type « route » par rapport au parcours de type rural, et cela s'explique par la vitesse plus élevée du véhicule, qui se traduit par une augmentation du niveau de bruit provenant du moteur et par une augmentation du bruit de roulement. Le même phénomène explique aussi l'écart de 1,5 dB(A) entre le parcours de type « route » et le parcours de type « autoroute ». Donc, en résumé, le bruit provenant du véhicule est directement relié à la vitesse de celui-ci, étant donné qu'une vitesse plus élevée est associé à un régime de moteur plus élevé ainsi qu'à une augmentation du bruit provenant du contact pneu-chaussée.

4.2 Bruit provenant des passagers et autres sources de bruit

La contribution des sources de bruit autres que le véhicule ont été évaluées à l'aide du microphone connecté à l'analyseur de spectre. La contribution de ces sources de bruit sur le niveau sonore à l'intérieur des véhicules a été synthétisée dans le tableau 5. Les sources « Élèves primaires » et « Élèves secondaires » se réfèrent aux bruits provenant de la conversation d'élèves de niveau primaire et secondaire respectivement. Ces données ont été extraites à partir des tableaux 2 et 3, en prenant soin de soustraire la contribution du moteur lorsque celui-ci est en marche. Par la suite, le niveau moyen a été calculé en utilisant l'ensemble des résultats obtenus (avec le nombre d'échantillons indiqué à droite du tableau : « Nbre de mesures »), et les niveaux maximum et minimum ont été retenus pour illustrer la variabilité des différentes sources. En ce qui concerne la source « SRG » (service de radio général), mieux connu sous le terme de « CB », les niveaux de bruit ont été calculés à partir d'enregistrements temporels du signal de bruit, en utilisant seulement la portion du signal lorsque le « SRG » est en fonctionnement. En effet, il aurait été très difficile d'effectuer des acquisitions en temps réel pour ce type de bruit, étant donnée sa nature imprévisible et sa courte durée dans le temps. La contribution du moteur a été soustraite lorsque celui-ci était en marche, afin d'isoler la contribution de la source « SRG ». La dernière source de bruit qui a été évaluée est le bruit causé par l'équipement d'hiver (chauffage, dégivreur, ventilateur, etc.) suite à la suggestion d'un des conducteurs. L'évaluation a été effectuée sur l'autobus Thomas 2001, en mesurant, dans un premier temps, le niveau de bruit de

référence sur une route, sans aucun passager à bord et sans l'équipement d'hiver. Dans un deuxième temps, le niveau de bruit total a été évalué pour la même condition (même route) mais avec l'équipement d'hiver en fonctionnement. La contribution de l'équipement d'hiver a été par la suite calculée en soustrayant le niveau de référence du niveau de bruit total.

Tableau 5 : Sources de bruit autres que le moteur et leurs contributions respectives

Source	Niveau moyen	Niveau max.	Niveau min.	Nbre de mesures
Élèves primaires	78,1 dB(A)	83,5 dB(A)	62,5 dB(A)	37
Élèves secondaires	74,3 dB(A)	78,1 dB(A)	59,3 dB(A)	38
SRG (CB)	83,4 dB(A)	87,3 dB(A)	74,9 dB(A)	4
Équipement hiver	77,4 dB(A)	---	---	1

En se référant au tableau 5, il apparaît que le niveau moyen des sources de bruit autres que le véhicule ont une contribution non négligeable à l'environnement sonore du véhicule, surpassant même le bruit moyen du moteur (au repos, urbain et rural). Cependant, même si la source de bruit « SRG (CB) » atteint un niveau moyen de 83,4 dB(A), sa contribution à la dose de bruit reçue par les conducteurs est moindre étant donnée sa nature intermittente et limitée dans le temps. Par ailleurs, les niveaux moyens de bruit produits par les élèves des niveaux primaire et secondaire sont de 78,1 et 74,3 dB(A) respectivement. Donc, en moyenne, les élèves du niveau primaire sont 3,8 dB(A) plus bruyants que les élèves du niveau secondaire. Cela s'explique par le fait que les élèves du primaire sont en général plus agités, et ont également la voix plus aiguë (donc pondération A plus élevée). En ce qui concerne la dernière source « équipement d'hiver », les données ne sont basées que sur la prise de mesures dans un seul véhicule. Par contre, il semble que la contribution de cette source soit non négligeable, avec un niveau de 77,4 dB(A), ce qui contribuerait à rendre le véhicule plus bruyant durant la saison hivernale. Cependant, l'évaluation de cette source de bruit sur plusieurs véhicules différents serait nécessaire avant de se prononcer de manière définitive à ce propos. Des exemples de spectre de bruit pour différentes sources de bruit se trouvent en annexe 1. Ces spectres de bruit montrent que le bruit du moteur se situe essentiellement en basse fréquence (< 200 Hz) tandis que le bruit des enfants se situe à des fréquences plus élevées, avec un maximum de l'amplitude dans les alentours de 2 kHz (spectres typiques de la voix humaine). Par ailleurs, il a été constaté, par l'analyse d'enregistrements temporels du signal de bruit, que le bruit à l'intérieur des autobus scolaires peut être de nature impulsionnelle lors de certains événements, par exemple lorsque les élèves de niveau primaire élèvent la voix et parlent tous en même temps ou encore lors de l'utilisation du SRG.

5. DOSIMÉTRIE

En parallèle à la caractérisation des sources de bruit présentes à l'intérieur des différents véhicules, la dose de bruit reçue par chacun des conducteurs a été mesurée à l'aide d'un dosimètre de bruit Spark™ 706 de Larson Davis. Les mesures de dosimétrie ont été effectuées en accord avec la norme canadienne : CSA-Z107.56-M86 : *Méthode de mesure de l'exposition au bruit en milieu de travail* [4]. Une synthèse des données recueillies à l'aide du dosimètre se trouve dans le tableau 6, incluant la durée de l'exposition telle que mesurée par le dosimètre, le niveau de bruit équivalent L_{eq} tel que défini par le *Règlement sur la santé et la sécurité du travail* [3] (facteur de bissection de 5 dB et seuil de 85 dB(A)), la dose de bruit reçue par le conducteur sur la période d'exposition de l'après-midi ainsi que la dose estimée pour une journée complète de travail (critère de 90 dB(A) sur 8h, selon le RSST), en considérant que l'exposition au bruit en avant-midi est similaire à l'exposition au bruit en après-midi. Les deux dernières colonnes du tableau 6 réfèrent au niveau de bruit équivalent pour la période d'exposition réelle ainsi qu'au niveau équivalent pour une journée de travail de 8 heures ($L_{EX, 8h}$), calculée selon la norme ISO 1999 : 1990 [2] (facteur de bissection de 3 dB sans seuil). Le niveau de bruit équivalent $L_{EX, 8h}$ sera utilisé à la section suivante du rapport pour évaluer le risque de développer une surdité professionnelle chez les conducteurs d'autobus scolaires. Le détail des niveaux de bruit (L_{eq}, $L_{eq, max}$, Niveau crête) pour les différents conducteurs en fonction du temps se trouve en annexe 2. Sur la courbe de dosimétrie du conducteur 1 sont identifiés différents événements du parcours afin de donner un aperçu de l'emploi du temps typique d'un conducteur d'autobus scolaire ainsi que des doses de bruit qui y sont associées. Par ailleurs, les courbes de dosimétrie montrent que le bruit reçu par les conducteurs peut être de nature impulsionnelle, étant donné l'écart important entre le niveau de bruit équivalent (L_{eq}) et le niveau de bruit crête. Cependant, cet écart doit être interprété avec précaution, car le niveau équivalent est pondéré en dB(A), alors que le niveau crête est en dB (sans pondération, ce qui augmente la contribution des bruits de basses fréquences tel que le bruit du moteur). Par ailleurs, le niveau de bruit crête est très proche de 140 dB (maximum absolu pour le bruit impulsionnel selon le RSST) à certains moments pour les conducteurs 6, 7 et 8, ce qui démontre que de fortes impulsions peuvent être générées à bord des autobus scolaires.

Se référant au tableau 6, la dose de bruit quotidienne calculée selon le RSST varie de 1,0 % à 17,2 %, correspondant à des niveaux équivalents variant de 57,3 dB(A) à 77,3 dB(A) selon le RSST, ce qui correspond à des expositions relativement faibles. Par ailleurs, le niveau de bruit équivalent $L_{EX, 8h}$ varie de 74,6 dB(A) (conducteur 1, autobus TC-2000 2003 (1)) à 85,2 dB(A) (conducteur 1, autobus TC-2000 1999 (1) et conducteur 9, autobus TC-2000 2003 (2)) . Veuillez noter qu'un même modèle de véhicule de la même année (TC-2000 2003) se retrouve à la fois au niveau d'exposition minimum (74,6 dB(A)) et maximum (85,2 dB(A)), ce qui démontre bien que le modèle du véhicule n'est pas le principal facteur contribuant à la dose de bruit reçue par le conducteur. D'autres facteurs, tels que les conversations entre passagers ainsi que les rappels à l'ordre provenant du conducteur peuvent contribuer de façon significative à la dose de bruit reçue par le conducteur.

Tableau 6 : Niveau de bruit équivalent et dose quotidienne estimée pour chacun des conducteurs

Conducteur	Autobus	Durée de l'exposition (hh:mm:ss)	L_{eq} (dBA) RSST	$L_{eq,8h}$ (dBA) RSST	Dose (%) RSST	Dose 8h (%) RSST	L_{eq} (dBA) ISO 1999	$L_{EX,8h}$ (dBA) ISO 1999
1	TC-2000 1999 (1)	02:09:31	81,8	**77,3**	8,6	**17,2**	87,9	**85,2**
2	TC-2000 1999 (2)	02:21:27	75,1	**71,3**	3,7	**7,4**	83,1	**80,8**
3	GMC 2001	02:05:20	65,7	**61,0**	0,9	**1,8**	79,1	**76,3**
4	TC-2000 2003 (1)	01:46:56	64,3	**58,5**	0,6	**1,2**	78,1	**74,6**
5	TC-2000 2002	02:29:49	60,7	**57,3**	0,5	**1,0**	78,3	**76,2**
6	Freightliner 2004	03:09:19	74,1	**72,4**	4,4	**8,8**	82,9	**81,9**
7	International 2003	04:00:58	67,1	**67,1**	2,1	**4,2**	80,1	**80,1**
8	TC-2000 1998	02:31:32	75,6	**72,2**	4,3	**8,6**	84,2	**82,2**
9	TC-2000 2003 (2)	02:37:20	79,9	**76,9**	8,1	**16,2**	87,0	**85,2**
10	Thomas 2001	02:29:14	73,6	**70,2**	3,2	**6,4**	82,9	**80,9**

6. ESTIMATION DE LA PERTE AUDITIVE CAUSÉE PAR LA CONDUITE D'AUTOBUS SCOLAIRES

À partir de l'exposition maximale au bruit déterminée à la section précédente ($L_{EX, 8h}$ = 85,2 dB(A)), la norme internationale ISO 1999 : 1990 « *Acoustique – Détermination de l'exposition au bruit en milieu professionnel et estimation du dommage auditif induit par le bruit* » [2] est appliquée pour estimer le déficit auditif permanent induit par l'exposition professionnelle au bruit d'une population adulte. Pour un bruit de nature impulsionnelle, il est suggéré, selon la norme ISO 1999, d'ajouter une pénalité de 5 dB(A) au niveau de bruit $L_{EX, 8h}$. Cette correction n'a pas été effectuée pour les présents calculs, étant donné que le bruit que l'on retrouve dans les autobus scolaires est de nature impulsionnelle seulement lors de certains événements précis limités dans le temps (par exemple lors de l'utilisation du SRG ou lorsque les élèves du niveau primaire sont agités). Il faut par ailleurs souligner que **cette norme est basée sur des données statistiques, donc elle ne doit pas être utilisée pour évaluer le dommage auditif d'individus**. Suivant une distribution normale, les pertes auditives ont été calculées pour des durées d'exposition de 1 an, 2, 5, 10, 20 et 40 ans, pour les fractiles de surdité Q = 0,05 (individu de la population se situant au 5^{ième} percentile sur l'échelle de surdité), Q = 0,5 (individu médian) et Q = 0,95 (95^{ième} percentile). Ces données sont présentées dans les tableaux 7 et 8, pour les expositions limites de 1 an et 40 ans respectivement. Les données complètes de la perte auditive en fonction de la durée de l'exposition se trouvent en annexe 3. Par la suite, en utilisant les résultats de l'annexe 3, le déficit auditif a été calculé selon le *Règlement annoté sur le barème des dommages corporels* de la CSST [5]. Ce barème utilise, pour le calcul du déficit auditif, la moyenne arithmétique des pertes auditives aux fréquences de 500, 1000, 2000 et 4000 Hz. Les résultats ainsi obtenus sont colligés dans le tableau 9, qui montre, en fonction de la durée de l'exposition, des pertes auditives variant de 1,0 à 3,3 dB pour un individu se situant à la fractile Q = 0,95 sur l'échelle de surdité (95^{ième} percentile : parmi les individus de la population les plus affectés par le bruit). Donc, il apparaît que le déficit auditif permanent causé par la conduite d'autobus scolaires est assez limité, étant donné que le 95^{ième} percentile d'une population adulte aurait un déficit auditif de 3,3 dB, après une exposition de 40 ans à la dose de bruit maximale mesurée à bord d'un échantillon de 10 autobus scolaires.

Tableau 7. Pertes auditives pour une exposition de 1 an, niveau d'exposition de 85,2 dB(A)

Fractile	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz
Q = 0,05	0	0	0	0	0	0
Q = 0,50	0	0	0,2	1,0	1,5	0,8
Q = 0,95	0	0	1,5	1,7	2,4	2,3

Tableau 8. Pertes auditives pour une exposition de 40 ans, niveau d'exposition de 85,2 dB(A)

Fractile	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz
Q = 0,05	0	0	0,9	3,4	4,6	2,0
Q = 0,50	0	0	1,6	4,8	6,8	3,9
Q = 0,95	0	0	2,9	8,4	10,1	6,7

Tableau 9. Déficit de la fonction auditive pour une exposition $L_{EX, 8h}$ de 85,2 dB(A), selon le barème de la CSST et selon la norme ISO 1999 : 1990 (Q = 0,95)

Durée de l'exposition	Déficit de la fonction auditive
1 an	1,0 dB
2 ans	1,3 dB
5 ans	1,9 dB
10 ans	2,4 dB
20 ans	2,8 dB
40 ans	3,3 dB

7. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les objectifs de la présente étude consistaient à mesurer l'exposition au bruit des conducteurs d'autobus scolaires ainsi qu'à évaluer la contribution des différentes sources de bruit se trouvant à bord de ce type de véhicule. La caractérisation des différentes sources de bruit de 10 autobus provenant de deux entreprises différentes montre que le bruit du véhicule est, en moyenne sur l'ensemble des véhicules, de 66,3 dB(A) lorsque le véhicule est au repos, de 75 dB(A) lorsque le véhicule est en mouvement et atteint 78,5 dB(A) lorsque le véhicule se déplace sur l'autoroute, avec une augmentation du bruit qui augmente avec la vitesse du véhicule. Par ailleurs, en comparant les différents véhicules, il apparaît que le moteur Mercedes-Benz du Freightliner FS64 2004 est le plus silencieux de ceux évalués lors de cette étude. De façon générale, les véhicules de type conventionnel sont moins bruyants que les véhicules à front plat. À part le bruit provenant du véhicule, la contribution des différentes sources de bruit a été évaluée et s'élève, en moyenne, à 78,1 dB(A) pour les élèves du niveau primaire, 74,3 dB(A) pour les élèves du niveau secondaire, 83,4 dB(A) pour le SRG (CB) qui fonctionne de façon intermittente et de 77,4 dB(A) pour l'équipement d'hiver (chauffage, dégivreur, etc.).

Dans un deuxième temps, une étude dosimétrique effectuée sur les conducteurs a révélé que ceux-ci sont exposés à des niveaux équivalents quotidiens ($L_{EX, 8h}$, ISO 1999) variant de 74,6 à 85,2 dB(A), et à des doses de bruit variant de 1,0 % à 17,2 % selon le RSST (57,3 à 77,3 dB(A)). En utilisant la norme ISO 1999, il a été estimé que, pour une exposition quotidienne de 85,2 dB(A), un individu se situant au $95^{ième}$ percentile sur une distribution normale de susceptibilité aux effets nocifs du bruit aurait un déficit auditif calculé, selon le *Règlement annoté sur le barème des dommages corporels* de la CSST, de 1,0 dB après une exposition de 1 an, et de 3,3 dB après une exposition de 40 ans.

En conclusion, il ne semble pas que la conduite d'autobus scolaires constitue une menace sérieuse de surdité professionnelle étant donné les faibles doses de bruit associées à ce travail. Cependant, certains bruits, tels les conversations entre élèves du niveau primaire et le SRG (CB), peuvent être de nature impulsionnelle, ce qui, au cours des années, peut contribuer à augmenter les effets néfastes de l'exposition professionnelle au bruit.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Daoust, C. (avril 1993). Transport scolaire - Exposition au bruit des conducteurs. Service de santé au travail de Rimouski.

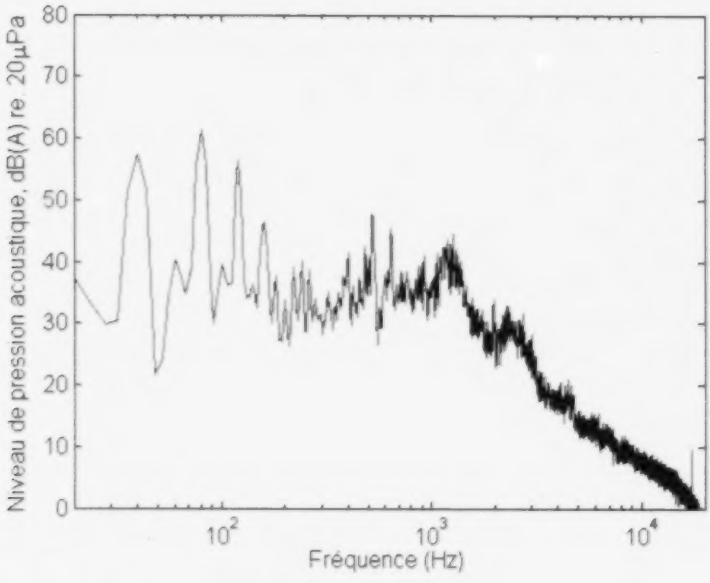
[2] Norme internationale ISO 1999 (1990). Acoustique – Détermination de l'exposition au bruit en milieu professionnel et estimation du dommage auditif induit par le bruit.

[3] Gouvernement du Québec (18 juillet 2001). Règlement sur la santé et la sécurité du travail. Gazette officielle du Québec, Partie 2, Lois et règlements, Volume 133, Numéro 29, pages 5020-5133

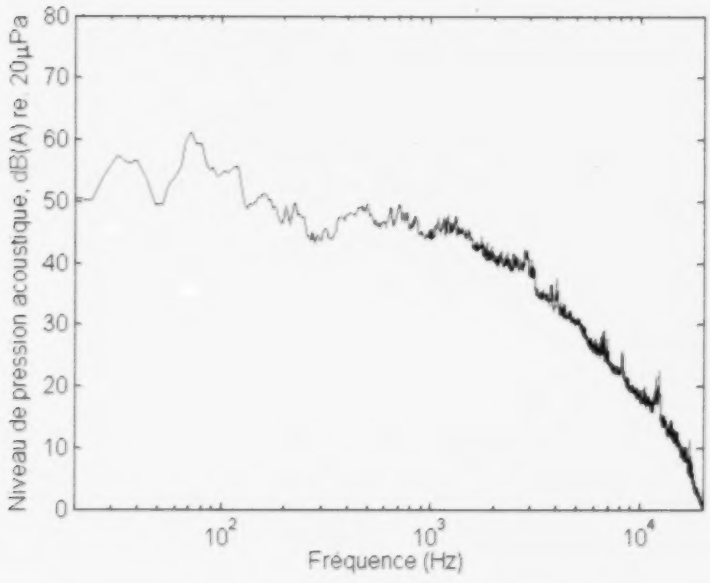
[4] Norme canadienne CSA-Z107.56-M86 (septembre 1987). Méthode de mesure de l'exposition au bruit en milieu de travail.

[5] Commission de la santé et de la sécurité du travail (2000). Règlement annoté sur le barème des dommages corporels.

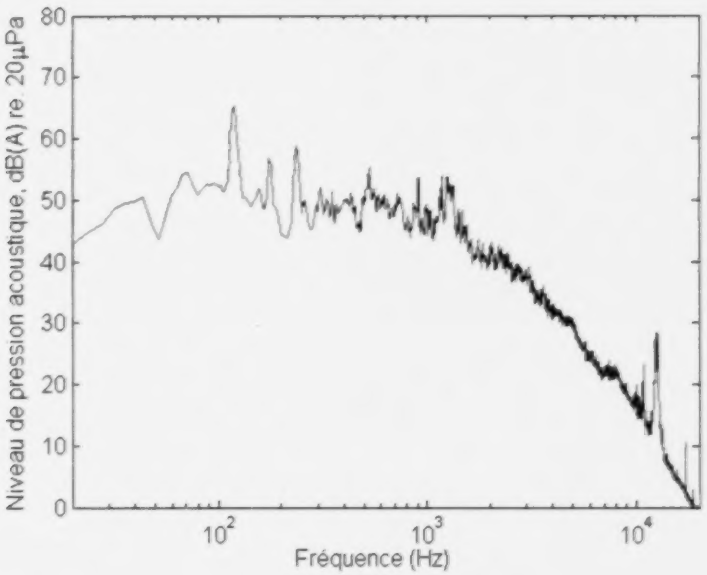
ANNEXE 1. EXEMPLES DE SPECTRES DE DIFFÉRENTES SOURCES DE BRUIT



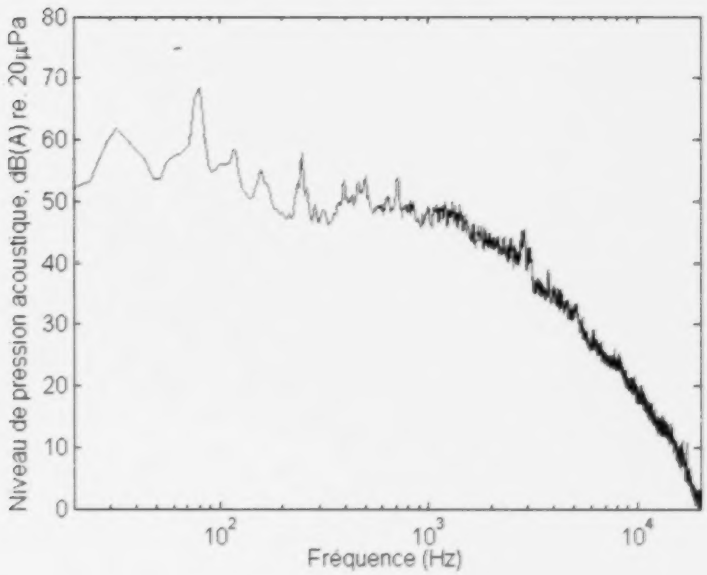
Spectre de bruit typique du moteur au repos



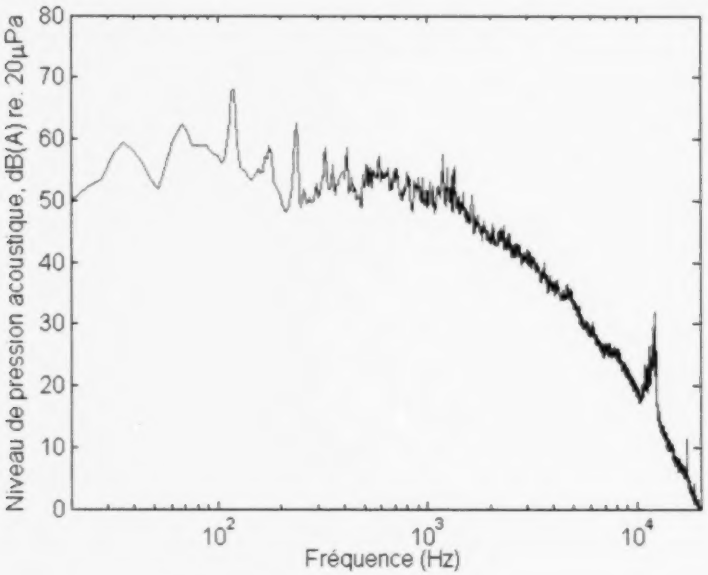
Spectre de bruit typique du moteur en milieu urbain



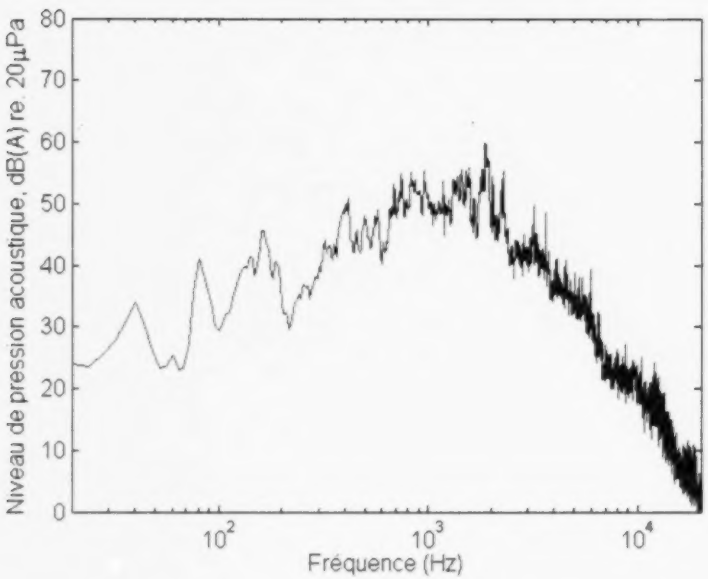
Spectre de bruit typique du moteur en milieu rural



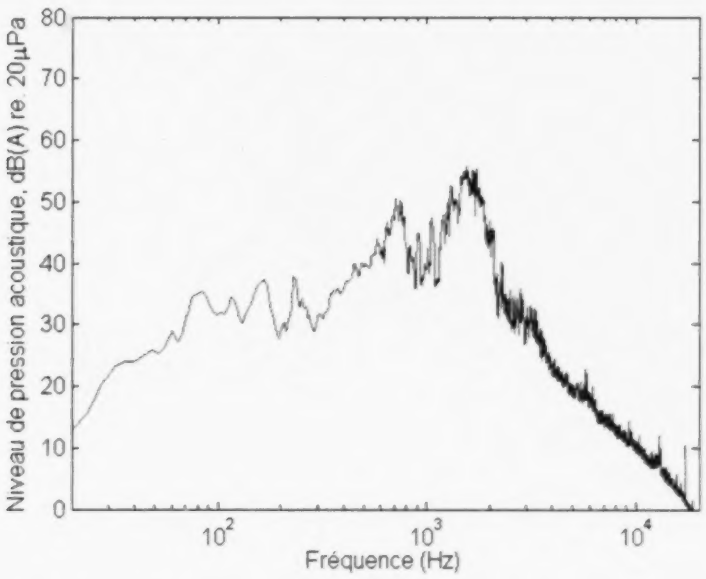
Spectre de bruit typique du moteur sur route secondaire



Spectre de bruit typique du moteur sur autoroute

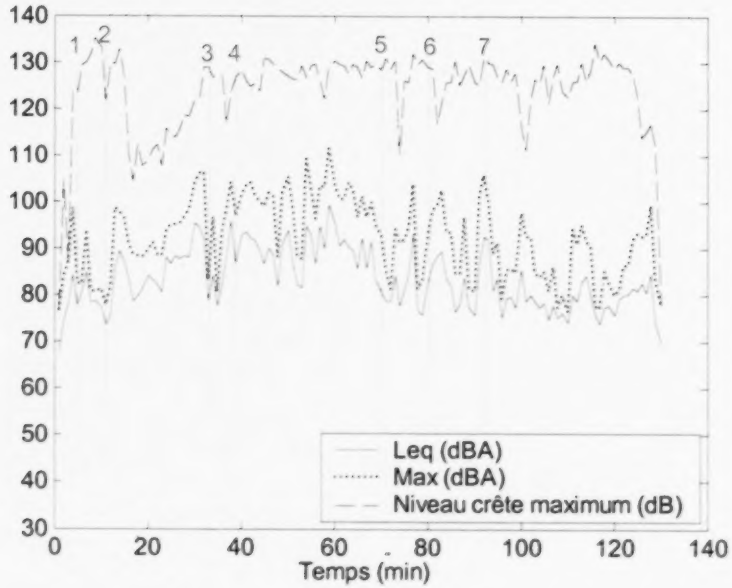


Spectre de bruit typique des élèves de niveau primaire



Spectre de bruit typique des élèves de niveau secondaire

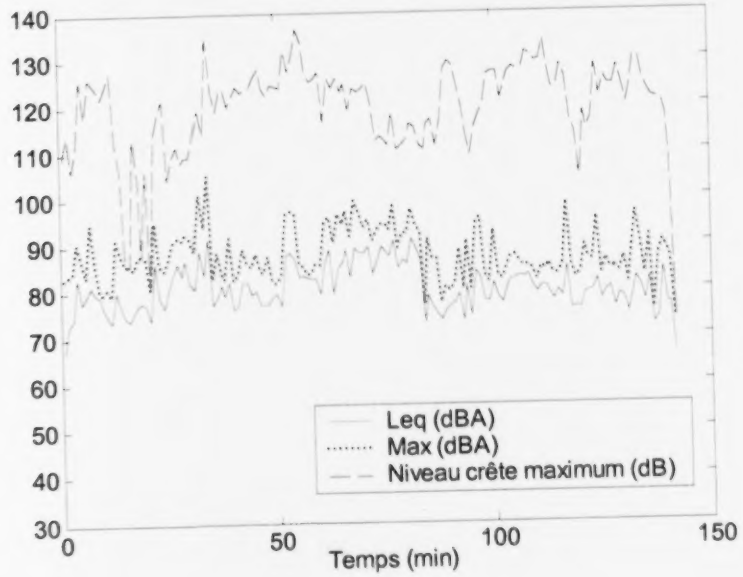
ANNEXE 2. ÉVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX DE BRUIT TELS QUE MESURÉS PAR LE DOSIMÈTRE DE BRUIT



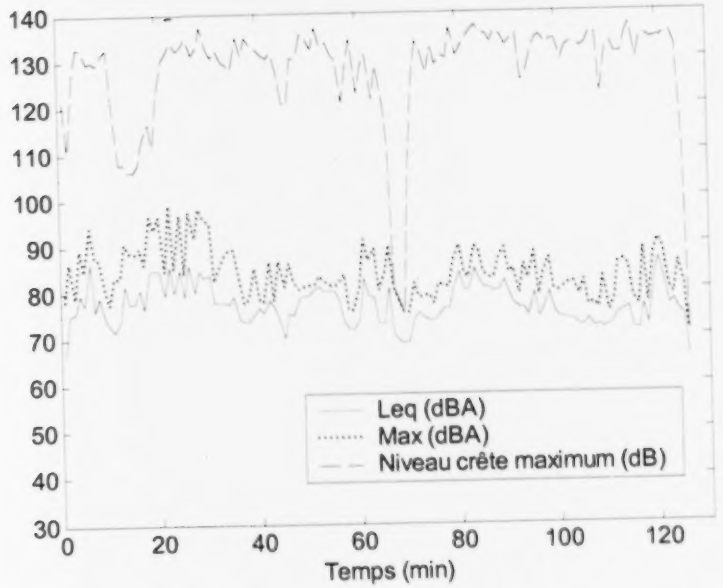
Conducteur 1, TC-2000 1999 (1)

Événements :

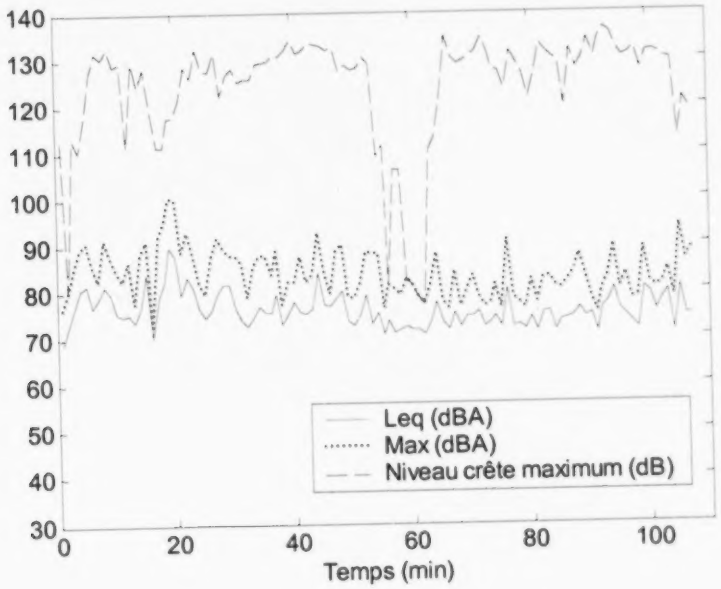
1) Départ du garage
2) Arrivée à l'école primaire # 1
3) Entrée des élèves et départ de l'école primaire # 1
4) Arrivée à l'école primaire # 2, débarquement et embarquement d'élèves, départ de l'école
5) Autobus à vide (pas d'élèves)
6) Arrivée à l'école secondaire, entrée des étudiants, départ de l'école
7) Autobus à vide (pas d'étudiants)



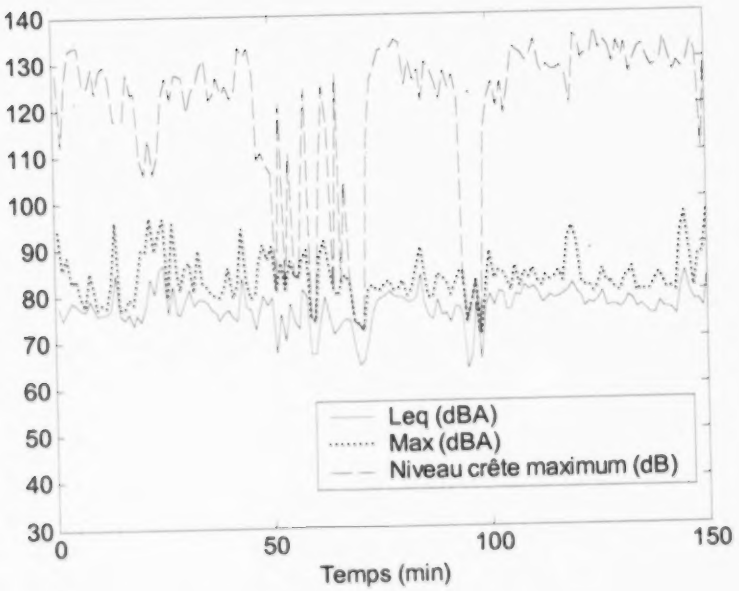
Conducteur 2, TC-2000 1999 (2)



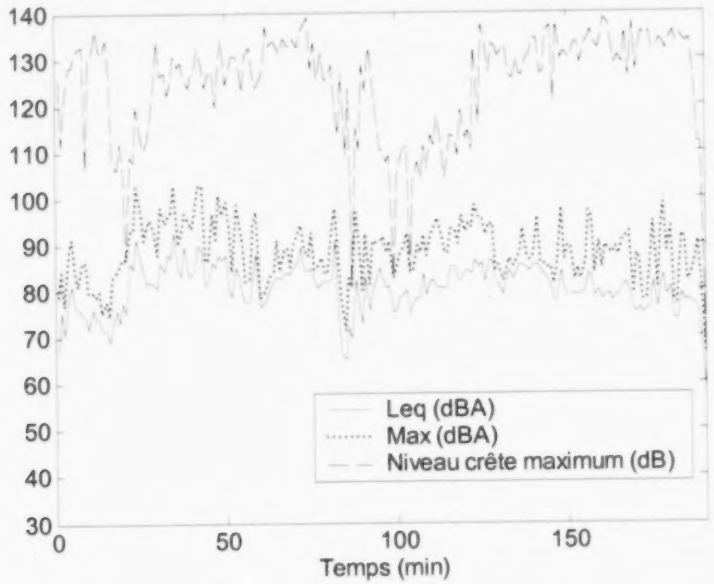
Conducteur 3, GMC 2001



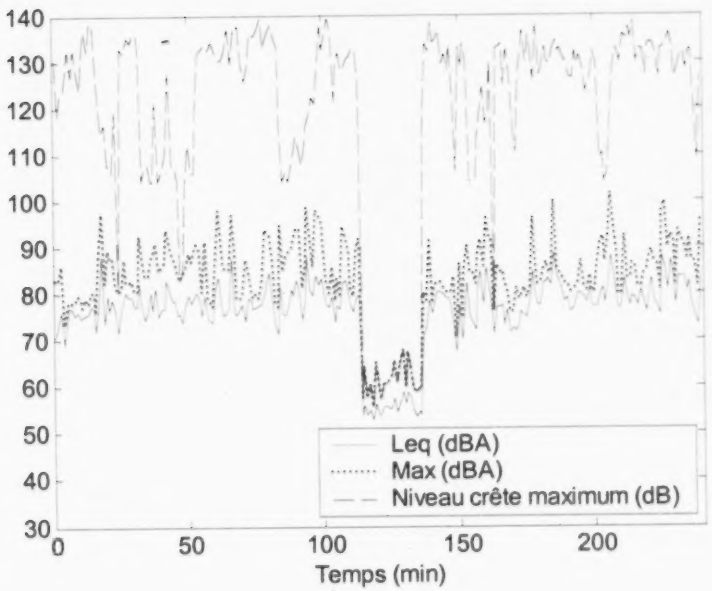
Conducteur 4, TC-2000 2003 (1)



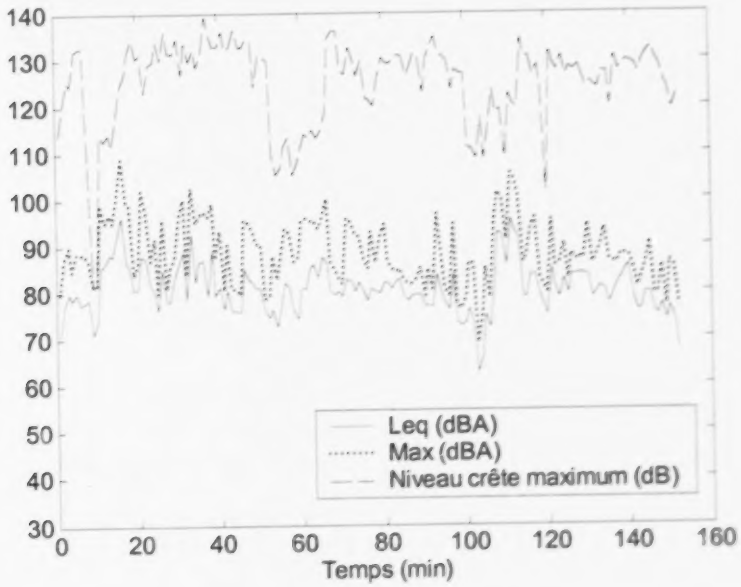
Conducteur 5, TC-2000 2002



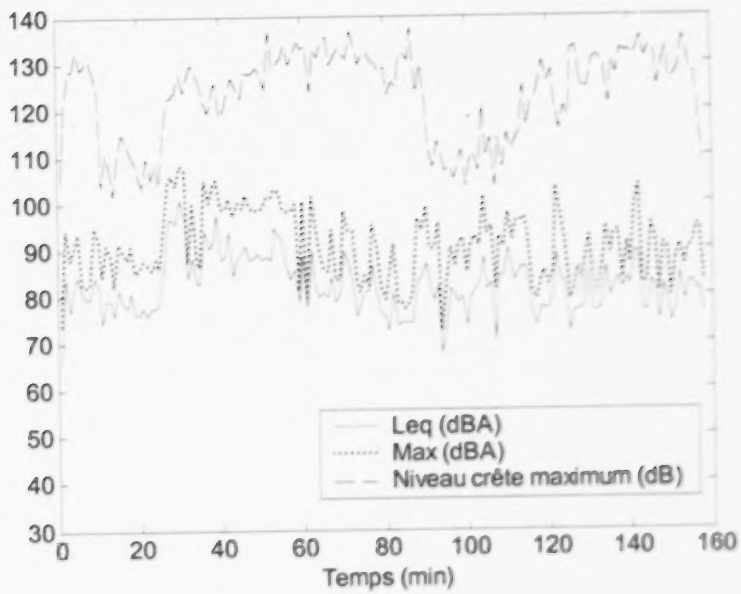
Conducteur 6, Freightliner 2004



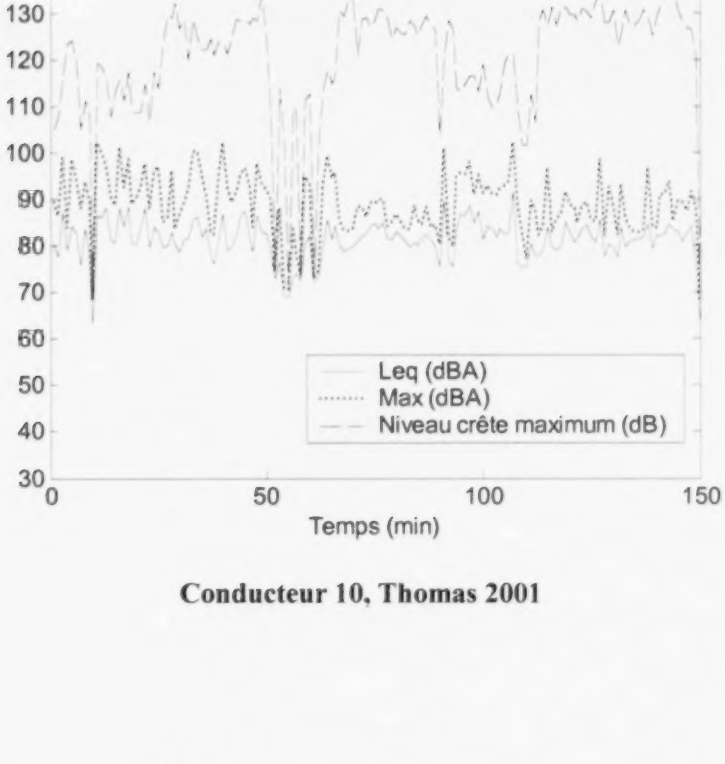
Conducteur 7, International 2003



Conducteur 8, TC-2000 1998



Conducteur 9, TC-2000 2003 (2)



Conducteur 10, Thomas 2001

ANNEXE 3 PERTES AUDITIVES ESTIMÉES SELON LA NORME ISO1999 : 1999

Pertes auditives pour une exposition de 1 an, niveau d'exposition de 85,2 dB(A)

Fractile	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz
Q = 0,05	0	0	0	0	0	0
Q = 0,50	0	0	0,2	1,0	1,5	0,8
Q = 0,95	0	0	1,5	1,7	2,4	2,3

Pertes auditives pour une exposition de 2 ans, niveau d'exposition de 85,2 dB(A)

Fractile	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz
Q = 0,05	0	0	0	0	0	0
Q = 0,50	0	0	0,3	1,5	2,4	1,3
Q = 0,95	0	0	1,6	2,8	3,7	3,0

Pertes auditives pour une exposition de 5 ans, niveau d'exposition de 85,2 dB(A)

Fractile	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz
Q = 0,05	0	0	0	0	1,4	0
Q = 0,50	0	0	0,4	2,5	3,9	2,2
Q = 0,95	0	0	1,7	4,5	5,8	4,2

Pertes auditives pour une exposition de 10 ans, niveau d'exposition de 85,2 dB(A)

Fractile	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz
Q = 0,05	0	0	0	1,2	2,8	0,6
Q = 0,50	0	0	0,6	3,3	5,2	2,9
Q = 0,95	0	0	1,9	5,8	7,6	5,2

Pertes auditives pour une exposition de 20 ans, niveau d'exposition de 85,2 dB(A)

Fractile	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz
Q = 0,05	0	0	0,4	2,3	3,7	1,3
Q = 0,50	0	0	1,1	4,0	6,0	3,4
Q = 0,95	0	0	2,4	7,1	8,8	6,0

Pertes auditives pour une exposition de 40 ans, niveau d'exposition de 85,2 dB(A)

Fractile	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz
Q = 0,05	0	0	0,9	3,4	4,6	2,0
Q = 0,50	0	0	1,6	4,8	6,8	3,9
Q = 0,95	0	0	2,9	8,4	10,1	6,7

6 champs de recherche en santé et en sécurité du travail

- Accidents
- Bruit et vibrations
- Equipements de protection
- Sécurité des outils, des machines et des procédés industriels
- Substances chimiques et agents biologiques
- Troubles musculo-squelettiques

Nos recherches *travaillent* pour VOUS !

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) contribue, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.

irsst

www.irsst.qc.ca